

Kovács Gergely¹

A VÉDELMI SZFÉRÁBAN ALKALMAZHATÓ VR-ALAPÚ KIKÉPZÉS/FELKÉSZÍTÉS SORÁN FELMERÜLŐ NEGATÍV FIZIKAI ÉS PSZICHOLÓGIAI JELENSÉGEK

THE NEGATIVE PHYSICAL AND PSYCHOLOGICAL PHENOMENA
ENCOUNTERED DURING VR-BASED TRAINING/PREPARATION
FOR DEFENCE

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2022-3-4-085](https://doi.org/10.30583/2022-3-4-085)

Absztrakt

A közelmúltban végbement digitális forradalom alapjaiban változtatta meg a virtuális valóság (VR²) alapú eszközök felhasználásának lehetőségeit. Az adatfeldolgozás, az érzékelők és a kapcsolódó technológiák terén elért fejlődés a virtuális valóság széleskörű alkalmazását teszi lehetővé. A régebben használt költséges és bonyolult VR-megoldásokkal szemben, a technológia napjainkban felhasználóbarát beállítással az egyszerű, úgynevezett „stand-alone”³ VR-szemüvegen keresztül viszonylag nagy feldolgozási teljesítmény mellett, költséghatékony megoldást kínál az oktatás és döntéstámogatás területén. Ennek ellenére a védelmi területen csak fokozatosan jelenik meg ez a technológia. Ennek egyik oka lehet, hogy nem áll rendelkezésünkre elég információ és vizsgálati eredmény az eszköz alkalmazása közben felmerülő fizikai és pszichológiai hatásokról. Az ezen a területen végzett kutatások időszerűek, hiszen a VR alkalmazása a logisztikai megoldások tervezésében, végrehajtásában és a képzésben is jelentős növekedési potenciállal bír. Ebben a cikkben a szerző a VR-technológia alkalmazásának fizikai és pszichológiai hatásának vizsgálatát és az ezzel kapcsolatos kutatását mutatja be. Ennek keretében 326, az Oculus Quest II VR-szemüvegben különböző scénáriókban

¹ Nemzeti Közszerológáti Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: kovacs.gergely@uni-nke.hu ORCID kód 0000-0002-1995-394X

² VR: Virtual Reality: virtuális valóság.

³ Stand-alone VR-szemüveg: olyan VR-eszköz, melynek a szemüvegében minden hardver megtalálható, azaz az üzemeltetés során nem szükséges azt kábelesen csatlakoztatni egy külső számítógéphez.

meghatározott feladatokat végrehajtó felhasználót vizsgált, és ebből vont le következtetéseket a digitális kompetencia, az életkor és a tanulási folyamat vonatkozásában. Tekintve, hogy a bemutatásra kerülő kutatás több aspektusból vizsgálja a VR-technológia alkalmazásának fizikai és pszichológiai kérdéseit, nem lehet egyetlen cikk keretében átfogó képet adni róla, így jelen írásban a hipotéziseket és az első eredményeket, majd a cikksorozat 2. részében a további eredményeket, következtetéseket ismerteti a szerző.

Kulcsszavak: katonai logisztika, felkészítés, képzés, digitalizáció, VR, védelmi szféra, virtuális valóság, digitális kompetencia, fizikai és pszichológiai érzet, kiberbetegség.

Abstract

The recent digital revolution has fundamentally changed the way virtual reality-based tools can be used. Advances in data processing, sensors and related technologies have enabled the widespread use of virtual reality (VR). In contrast to the costly and complex VR solutions used in the past, today's technology offers a cost-effective solution for education and decision support with relatively high processing power in a user-friendly setup through simple stand-alone VR glasses. However, in the defence sphere, this technology is only gradually emerging. One reason for this may be that there is not enough information and research on the negative physical and psychological effects of using the device. Research in this area is timely, as the use of VR in the planning, implementation and training of logistics solutions has significant growth potential. In this paper, the author presents the study of the physical and psychological effects of the application of VR technology and the related research. In doing so, he studied 326 users performing specific tasks in different scenarios in the Oculus Quest II VR goggles and drew conclusions about digital competence, ageing and learning. Given that the research presented here explores the physical and psychological aspects of VR technology from several angles, it is not possible to give a comprehensive overview in one article, so in this paper the basic outline and some of the first results of the research are presented, followed by the further results and conclusions in Part 2 of the article series.

Keywords: military logistics, preparation, training, digitalisation, VR, defence sphere, virtual reality, digital competence, physical and psychological sensation, cyber sickness.

Bevezető

Az elmúlt időszakban történt események alapjaiban változtatták meg térségünk biztonságát. A stabilitást veszélyeztető fenyegetések száma többszörösére nőtt, miközben egyre összetettebbé is váltak azok.⁴ Magyarország biztonságát nemcsak a migráció⁵, a terrorizmus⁶ és a COVID-járvány, hanem a térségünkben zajló orosz-ukrán háború is veszélyezteti. A lakosság biztonságra törekszik, és megfelelő választokat vár az államtól a stabilitás fenntartására. A biztonság érdekében a védelem területén minden lehetséges eszközzel egyértelmű, hatékony választ kell adni a fenyegetésekre.

Ezen válaszok egyike a legmodernebb digitális⁷ eljárások használata a védelmi munka során⁸. Az oktatás területén megjelenő új eszközök és eljárások, mint például a VR-alapú tanítás és az ahhoz használt VR-szemüveg elengedhetetlen lesz a védelmi szakemberek képzésében is. A Magyar Honvédség már vizsgálja⁹ ezeknek az eszközöknek az alkalmazhatóságát, és várhatóan egyre több helyen bevezetésre is kerülnek¹⁰.

⁴ Resperger István, Kiss Álmós Péter, Somkuti Bálint: Aszimmetrikus hadviselés - Kis háborúk nagy hatással, Budapest, Zrínyi Kiadó, 2014. 25. o.

Resperger István: A nemzetközi terrorizmus ellenes küzdelem tapasztalatai és lehetséges stratégiái In: New Challenges in the Field of Military Sciences 2005: 3rd International Scientific Conference, Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2005. 89., 23. o.

Hornyacsek Júlia: A klímaváltozással összefüggő katasztrófák lehetséges hatásai a lakosságra és az ezzel szembeni védettségük növelésének lehetőségei, In: Földi László, Hegedűs Hajnalka (szerk.): Éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok. Budapest, Egyetemi Kiadó, 2020. 81. o.

⁵ Szuhai Ilona - Tóth Péter (2017): A 2015-ös európai migrációs és menekültválság okairól és hátteréről. In: Tóth Péter (szerk.): Magyarország és a 2015-ös európai migrációs válság. Budapest, Dialóg Campus Kiadó, 10. o.

⁶ Horváth Attila – Lévai Zsolt (2021): A magyarországi vasúthálózat létfontosságú elemeinek azonosítása. In: Földi László (szerk.): Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 131. o.

⁷ Government Divisions to Use VR for Training.
<https://readwrite.com/2017/10/26/government-vr-uses/> (Letöltés: 2022. 04. 22.)

⁸ Kállai Attila: Felkészítés és kiképzés virtuális környezetben. Humánvédelem - békeművelési és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése, (tanulmánygyűjtemény I., Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2016. 26. o.

⁹ Németh András, Virágh Krisztián: Virtuális valóság és haderő – katonai alkalmazási lehetőségek IV. rész, Haditechnika, 55. 5, 6 o. (2021)

¹⁰ Marlok Tamás: A VR-eszközök alkalmazhatósága a taktikai kiképzésben, In: Földi, László (szerk.): Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből III. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó 2022., 325 o.

Benkő Tibor volt honvédelmi miniszter publikálta, hogy „A fejlesztések új eleme az úgynevezett *digitális katona* program is, amely katonánként 112 különböző felszerelési anyag alkalmazását jelenti, kezdve a gyalogsági fegyvertől a kommunikációs eszközökig mindazt, ami a korszerű harc folytatásához szükséges.”¹¹ Annak ellenére, hogy a szakemberek az alkalmazás területeinek kijelölésében még nincsenek egységes állásponton, a fenti jövőképpel is igazolódni látszik, hogy a digitális eszközök rendszerbe állítása nem kerülhető el. A védelmi szférán belül – vélhetően elsősorban a felkészítésnél – egyre többet fogják alkalmazni a korszerű digitális eszközöket, ezen belül a VR/AR (Augmented Reality)¹² technológiát is. Ezeknek az új eszközöknek a használata kiemelten fontos az oktatás során felmerülő költségek csökkentése, a környezetkárosítás minimalizálása és a képzés hatékonyságának növelése miatt is. Jól szemlélteti ezt, hogy például a katonai logisztikai támogatás „területére” képzett szakemberek oktatása során már egyszerre vannak jelen a hagyományos képzési formák és az informatikai eszközökkel támogatott legkorszerűbb módszerek. A logisztikát érintő kutatások napjainkra igazolták, hogy nem lehet kizárólag a központosított, ellátási lánc alapú logisztikai támogatásban gondolkodni egy olyan közegben, amely legalább három-, de inkább négysebességű műveleti környezetet feltételez.¹³

A logisztikai támogatói feladatkört végrehajtók felelőssége nagy, hiszen a különböző szakterületek munkája, így például a harc megvívása, de a lakosság védelme és ellátása sem lehet eredményes magas színvonalú logisztikai tevékenység nélkül, melynek alapfeltétele a jól felkészült szakembergárda.

A katonai logisztika korszerűsítése során a követelményeknek való megfelelés okán egyre nagyobb hangsúlyt kap az informatikai eszközök alkalmazása, így a VR/AR-technikák használata is.

A mindennapokban a civil szférában a logisztika területén már alkalmazzák a legújabb MR-, AR-megoldásokat, mint például a HoloLens 2. szemüveg az Audi logisztikai központjában (1. kép) vagy az oktatás terén az új VR-alapú Audi oktatószimulátor (2. kép).

¹¹ Benkő Tibor: A Magyar Honvédség jelene és jövője. Hadtudomány, 2019. 1-2. 154. o.

¹² AR: Augmented Reality: kiterjesztett valóság.

¹³ Bodoróczi János: A modern hadviselés logisztikája – a katonai logisztika jövője. Hadtudomány, 30. évf. 2020. 2., 10. o.



1. számú kép. Az AR-technológia használata az Audi logisztikai központjában



2. számú kép. AUDI VR-oktatószimulátor

A civil szféra egyik érdekes magyarországi VR-megoldása az Appentum Kft. VR-oktatóplatformja. A cég saját szabadalommal rendelkező fejlesztése az emberi erőforrás kiválasztását és képzését egy dinamikus virtuális valóság platform (3. kép)¹⁴ alapra helyezte. A fejlesztés tartalmaz egy HoloLens 2. MR-szemüvegre épülő döntéstámogató megoldást is, amely a logisztikai feladatok, illetve például alkatrészek összeszerelése közben nyújt hatékony segítséget.

¹⁴ A képek bemutatása az Appentum Kft. engedélyével történt.



3. számú kép. Összeszerelés a VR-térben (Apentum Kft. felvétele)

A szoftver VR-platformja a leendő szakembereket oktatja különböző munkafolyamatok elsajátítására és eszközhasználatra úgy, hogy a felhasználó – akár rövid időn belül is – elsajátítsa azok biztonságos működtetését.

Nagy könnyebbség, hogy a VR-platformra már a legújabb, controller nélküli kézkövetési technológiát is implementálták. Ezenkívül a szoftver rendelkezik olyan kezelői felülettel is, ahol az oktatók saját tananyagot készíthetnek (4. kép) a virtuális térben, és valós időben szerkeszthetik azt.



4. számú kép. Oktatói szerkesztő nézet - munkafolyamat kialakítása (Apentum Kft. felvétele)

Ez a megoldás nagyon jó példa a VR/MR felhasználási lehetőségeire, amely akár a katonai logisztika területén a gép- és harcjárművek javításában vagy az oktatás területén tud hatékony segítséget nyújtani. Különösen fontos lehet ez a missziók során, a terepen bekövetkezett meghibásodások gyors elhárításában.

Ezeknek az eszközöknek az elterjedése az oktatásban, felkészítésben, de a szakmai munkában is csak idő kérdése, ezért kiemelten fontos megismerni az alkalmazásuk elsajátításának folyamatát, a felhasználóra gyakorolt hatásukat és az azok következtében várható esetleges hatékonyságromlást.

A témával foglalkozó kutatások¹⁵ átfogó képet adnak a VR-alapú eszközök, HMD¹⁶-megjelenítők lehetséges használatáról¹⁷, főként tartalmi oldalról, de kevés kutatás irányul arra, hogy megértsük a VR-eszközök alkalmazásának esetleges sajátosságaiából, hibáiból eredő fizikai, pszichológiai negatív hatásokat.

Ezek feltérképezése érdekében a kutatásban célul tűztem ki, hogy elemezzem a védelmi feladatok ellátása közben alkalmazható VR-szemüvegek használatából adódó fizikai, pszichológiai hatásokat és az eszközzel végzett tanulási folyamatot. A kutatás célja annak azonosítása, hogy a VR-eszközzel végzett tanulás hogyan lehet eredményesebb, valamint a VR-alapú technikák által folytatott oktatás hatékonysága feltételeinek és gátló tényezőinek megismerése.

¹⁵ Többek között: Mantovani, Fabrizio, Gianluca Castelnovo: Sense of Presence in Virtual Training: Enhancing Skills Acquisition and Transfer of Knowledge through earning Experience in Virtual Environments. In: Giuseppe Riva, Fabrizio Davide, Wijnand A. I. Jsselsteijn: Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments. Amsterdam, IOS Press, 2003, 173. o.; Marlok Tamás: Virtuálisvalóság-alapú taktikai szimulációs kiképző eszközök hazai fejlesztési lehetőségei 2. rész: A technológia lehetőségei a kiképzés szemszögéből. Hadmérnök, 2021. 16(1), 170. o.

¹⁶ Head Mounted Display: fejre rögzített kijelző, virtuális valóság szemüveg.

¹⁷ Kovács Gergely: A kiterjesztett valóság alapú technológia alkalmazásának lehetőségei és korlátai a védelem és a polgári logisztika területein, Katonai Logisztika, 2020. 28. évf. 63. o.

Hornyacsek Júlia, Kovács Gergely: A kiterjesztett valóság alapú szemüveg alkalmazásának kihívásai a védelmi szférában a műszaki szakfeladatok ellátása során, In: Földi László: Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I., Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 2020. 154. o.

Kutatás bemutatása

A vizsgálatot egy előkutatás alapozta meg: feldolgoztam a témához köthető jogszabályokat, egyéb szabályozókat, irodalmakat, tanulmányokat és elemzéseket. Ennek során a terjedelmi korlátok miatt nem vizsgáltam mélyebben a VR-alapú képzés azon veszélyeit, kihívásait, amelyek nem kapcsolhatók a VR-felhasználás fizikai és pszichológiai kérdéseire. Nem tértem ki például a VR alkalmazásának biztonsági, illetve a szemüvegviselés ergonómiai kérdéseire sem. A témában született publikációk bemutatják, hogy a VR alkalmazása során a felhasználót különböző fizikai és pszichológiai¹⁸ hatások érik. Ez befolyásolja a VR-eszközzel végzett munka hatékonyságát¹⁹.

Alapvetésként elmondható, hogy a kutatásokban résztvevő alanyok az eszközök alkalmazása kapcsán pozitívan állnak a kísérlethez és jellemzően élvezik ennek az eszköznek az újszerűségét, de az újszerű élmény ellenére negatív hatásokról is beszámolnak. Itt elsősorban az úgy nevezett CS szimulátorbetegség²⁰ tüneteit említik a vizsgálatok²¹. A szimulátorbetegség olyan tünetek összessége, mint például a hányinger, fejfájás és szédülés, amelyeket a felhasználók a virtuális valóságban való hosszabb „elmerülés” során vagy azt követően tapasztalnak. Az eredetileg repülésszimulátorokban érzékelt CS hatás a virtuális valóság (VR) szemüvegekre is jellemző, bár más módon és mérsékeltőbb tünetekkel. Az elmúlt években több olyan publikáció született, amely megállapítja, hogy a különböző VR HMD-k hogyan hatnak a felhasználóra²², illetve hogyan járul hozzá a VR HMD-kben történő mozgás jellege a szimulátorbetegséghez²³.

¹⁸ Golding J. F.: Motion sickness, *Handbook of Clinical Neurology*, 137., John Wiley and Son Ltd. 2016. 371–390. o.

¹⁹ Beams Ryan, Andrea S. Kim – Aldo Badano: Transverse chromatic aberration in virtual reality head-mounted displays. *Optics Express*, 27.2019. 18. 879. o.
Cho Won Seok. Park Choi J. Y., Cho C. S., Baek S., H. S. J., L. Lee: Airgap embedded robust hazy films to reduce the screen-door effect in virtual reality displays. *Nanoscale*, 12. 2020. 16. 8753 o.

²⁰ McCauley, M. E., and Sharkey, T. J.: Cybersickness: Perception of Self-Motion in Virtual Environments, *Teleop. Vir. Environ.* 1992. 1 (3), 314. o.

²¹ CS: Cybersickness: Szimulátorbetegség

²² Rieder R, Kristensen CH, Pinho MS: Identifying Relationships between Physiological Measures and Evaluation Metrics for 3D Interaction Techniques. In: Campos P, Graham N, Jorge J, Nunes N, Palanque P, Winckler M (ed.) *Human-computer interaction- INTERACT 2011*. Springer, Berlin, 668. o.

²³ Rangelova S, Motus D, André E: Cybersickness Among Gamers: An Online Survey. In: Ahram T (ed.) *Advances in human factors in wearable technologies and game design*. Springer International Publishing, Berlin, Cham, 2020.197. o.

Marlok Tamás publikációjában például kifejtette a szimulátorbetegség lehetséges okait, illetve elemezte a VR-szemüvegek technológiai felépítését.²⁴ A VR-szemüveggyártók törekednek a már ismert és bizonyított kiváltó ok minimalizálására, mint például a szemüveg képfrissítési frekvenciájának növelése. Ezzel az egy korrekcióval azonban nem lehet elkerülni a további negatív tényezőket, ezért fontos ezen okok vizsgálata, megismerése és az erre épülő javaslattevés annak csökkentésére.

A kutatások nagy része azt bizonyítja²⁵, hogy a szimulátorbetegség különösen akkor fordul elő²⁶, amikor a felhasználók úgy érzékelik, hogy a virtuális környezetben ők maguk mozognak, miközben fizikailag egy helyben maradnak²⁷. Több kutatás is bizonyítja, hogy VR-térben elvégzett feladat után a felhasználók 60-95%-a tapasztalt valamilyen szintű szimulátorbetegséget, a tünetek erőssége miatt pedig nagyságrendileg a résztvevők 5-13%-ának idő előtt²⁸ ki kellett lépnie a feladatból²⁹.

Egyes kísérletekben a megszakítási arány meghaladta az 50%-ot.³⁰ Több tanulmány³¹ javasol különböző módszereket a virtuális és a valós mozgások közötti eltérés csökkentésére, mint például a mozgás korlátozása. Jelenleg azonban egyre többen a felhasználói alkalmazkodást

²⁴ Marlok Tamás: Virtuális valóság alapú taktikai szimulációs kiképző eszközök hazai fejlesztési lehetőségei: 3. rész: A technológia korlátai a kiképzés szemszögéből. Hadmérnök, 2021. 16 (3), 163. o.

²⁵ Gavvani AM, Nesbitt KV, Blackmore KL, Nalivaiko E: Profiling subjective symptoms and autonomic changes associated with cybersickness. Auton Neurosci, London, 2017. 203, 45. o.

²⁶ Nalivaiko E, Davis SL, Blackmore KL, Vakulin A, Nesbitt KV: Cybersickness provoked by head-mounted display affects cutaneous vascular tone, heart rate and reaction time. Physiol Behav, 2015. 151, 586. o.

²⁷ Nesbitt K, Davis S, Blackmore K, Nalivaiko E: Correlating reaction time and nausea measures with traditional measures of cybersickness. 2017. Displays, 48, 5. o.

²⁸ Stanney K, Lawson BD, Rokers B, Dennison M, Fidopiastis C, Stoffregen T, Weech S, Fulvio JM: Identifying causes of and solutions for cybersickness in immersive technology: Reformulation of a research and development agenda. 2020. Int J Hum Comput Interact 36 (19):1788. o.

²⁹ Caserman, P., Garcia-Agundez, A., Gámez Zerban, A. et al. Cybersickness in current-generation virtual reality head-mounted displays: systematic review and outlook. 2021. Virtual Reality 25, 1159.o.

³⁰ Martirosov, S., Bureš, M. & Zítka, T. Cyber sickness in low-immersive, semi-immersive, and fully immersive virtual reality. 2022. Virtual Reality 26, 18. o.

³¹ Oishi E, Koge M, Khurelbaatar S, Kajimoto H: Enhancement of Motion Sensation by Pulling Clothes. In Proceedings of the 2016 symposium on spatial user interaction, 2016. Association for Computing Machinery, New York, 49. o.

(adaptation) tartják a szimulátorbetegség csökkentés legjobb megoldásának.³²

További publikációk az eszköztényezőket vizsgálták³³ (kijelzőfrekvencia, 3D tér grafikai megoldásai, színek használata stb.) és a feladattényezőket³⁴ (a munka összetettsége, a feladat komplexitása, a VR-térben eltöltött idő stb.).

A feldolgozott publikációk alapján elmondható, hogy teljes egyetértés és általános érvényű következtetés nincs a negatív fizikai és pszichológiai érzetek csökkentésére, így szorgalmazandók az ilyen jellegű kutatások, mert minden egyes újabb tanulmány hozzájárulhat a VR-platformok alkalmazási hatékonyságának növeléséhez.

A jelen kutatás célja

A jelen kísérlet célja, hogy a felhasználók általi érzeteket a különböző VR-szenáriók, feladatok elvégzése után explicit (kérdőívek) és implicit (fiziológiai válaszok) módon vizsgáljuk annak érdekében, hogy azonosítani tudjuk a velük végzett munkát gátló „eszköztényezőket”. A kérdőívek a fizikai és pszichológiai reakciókat (külön kitérve szimulátorbetegség tüneteire) vizsgálták. A kísérlet célja volt továbbá az is, hogy összefüggéseket keressek a felhasználók kora, digitális kompetenciaszintje és a VR-térben érzett fizikai, pszichológiai hatások, valamint a tanulási hatékonyság között. Ennek érdekében első lépésként azonosítottam a témát jellemző függő és független változókat, és erre építve állítottam össze a feladatokat, majd a kérdőív kérdéseit.

A helyszín és a feladatok

A kísérletet zárt térben, egy 10x10 méteres, külön erre a célra elkülönített területen végeztem. A helyszínt úgy alakítottuk ki, hogy az eddigi vizsgálatokkal ellentétben legyen lehetőségünk a térben történő fizikai mozgásra, sétálásra is. A térben virtuális erdei környezetet szimuláltunk. A vizsgálatra jelentkezők véletlenszerűen kerültek

³² Golding John F. Gresty Michael A.: Pathophysiology and treatment of motion sickness, Current Opinion in Neurology: 2015. 28. évf. 1. 87. o.

³³ Lee JY, Han PH, Tsai L, Peng RD, Chen YS, Chen KW, Hung YP: Estimating the simulator sickness in immersive virtual reality with optical flow analysis 2017. SIGGRAPH Asia, Association for Computing Machinery, New York

³⁴ Lampton DR, Kolasinski EM, Knerr BW, Bliss JP, Bailey JH, Witmer BG: Side effects and aftereffects of immersion in virtual environments. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society annual meeting, 1994. 38. (18), 1158. o.

kiválasztásra, és a részvétel önkéntes alapon történt. Mindenkinek megvolt a lehetősége, hogy bármikor visszalépjen. A kísérlet megkezdése előtt a felhasználók egy egységes (minden eddigi VR és digitális tapasztalattól független) tájékoztatást kaptak a vizsgálat céljáról, lényegéről és az eszköz használatáról. Az ismertetés után egy OCULUS QUEST II típusú VR-szemüveget³⁵ vettek fel és elvégezték az adott feladatot. Figyeltük a feladatvégrehajtás során látható reakciókat. A kísérletben három különböző feladatot kellett végrehajtani úgy, hogy a sikeres végrehajtás idejét mértük minden esetben.

A feladatok nehézségükben és összetettségükben különböztek egymástól. Az első feladat 2 darab mozdulattal volt elvégezhető, a második 5 mozdulatból, míg a harmadik feladat 8 mozdulatból állt. Mindhárom egy, a valósághoz nagyon hasonló erdei környezetben került végrehajtásra (5. kép).

A VR-környezet



5. számú kép. Az elvégzendő feladatok környezetéről készült képernyőfelvétel a VR-térben (a szerző saját felvétele)

Az I. feladat

Nehézségi fok szerint a legegyszerűbb feladat egy új „üzembe helyezése”, majd egy célzott lövés sikeres leadása volt (6. kép).

³⁵ OCULUS QUEST II VR-szemüveg szemenként 1832×1920 felbontással, OLED kijelzőkkel



6. számú kép. Az elvégzendő I. feladat környezetéről készült képernyőfelvétel a VR-térben (a szerző saját felvétele)

A II. feladat

A második feladat (7. kép) egy normál golyós lőfegyver „lőkész” állapotba helyezése és célzott lövés leadása volt.



7. számú kép. Az elvégzendő II. feladat környezetéről készült képernyőfelvétel a VR-térben (a szerző saját felvétele)

A III. feladat

A harmadik feladat egy elöltöltős fegyver komplexebb mozdulatsort igénylő üzembe helyezése (8. kép), majd célzott lövés leadása volt.



8. számú kép. Az elvégzendő III. feladat környezetéről készült képernyőfelvétel a VR-térben (a szerző saját felvétele)

A kísérletre 326 felhasználót választottam ki³⁶, vegyesen férfi és női felnőtt személyeket. Öt korosztály-csoportot állítottam fel (18-23, 24-30, 31-40, 41-60, 60 év felett), illetve demográfiai változókat is bekértem (lakhely, munka, jövedelem), azaz rétegeztem a mintát. Ezen felül vizsgáltam, hogy a felhasználók használnak-e szemüveget (külön bontva a távoli, közeli vagy mindkettő korrekciót) vagy kontaktlencsét. A tesztben résztvevő egyéneknél fontos szempont volt a digitális kompetencia ellenőrzése is, így a VR-tapasztalatra, felhasználói tudásra is kitértem a kérdésekben. A kísérlet alatt és után két kérdéscsoporttal vizsgáltam a fizikai és pszichológiai érzeteket. A szimulátorbetegség megjelenésére, illetve a szintjének felmérésére a résztvevők a VR-feladatok befejezését követően kitöltötték a korábbi kutatásokból már ismert SSQ³⁷ szimulátoros betegségre vonatkozó kérdőívet,³⁸ ahol 15³⁹

³⁶ A kísérlet megkezdése előtt írásbeli beleegyezést kértünk. A mintanagyságot hasonló kísérleti eljárások alapján becsültük. A neurológiai, pszichiátriai, vestibuláris vagy hallási rendellenességben szenvedő résztvevőket kizártuk.

³⁷ Az SSQ a betegség tüneteit több klaszterre osztja, ilyen a hányinger (SSQ-H), dezorientáció (SSQ-D) és szemmozgás (SSQ-O). A dezorientáció olyan tüneteket foglal magába, mint a szédülés vagy a fókuszálás nehézsége. Az okulomotoros klaszter olyan fizikai tüneteket foglal magába, mint a szemfáradtság, fejfájás és homályos látás. A hányinger olyan tünetekből áll, mint a gyomorérzet, a fokozott nyáleválasztás és maga a hányinger.

³⁸ SSQ kérdőív: Robert S. Kennedy, Jennifer E. Fowlkes: Simulator Sickness Is Polygenic and polysymptomatic: Implications for Research, The International Journal of Aviation Psychology, 1992. 2. 27. o.

³⁹ SSQ kategóriák: 1 - Hányinger, 2 - Általános rossz közérzet, 3 - Gyomorforgás, 4 - Izzadás, 5 - Fokozott nyáleválasztás, 6 - Szédülés, 7 - Fülzúgás, 8 - Koncentrációs nehézség, 9 - Fókuszálási nehézség, 10 - Szemfáradtság, 11 - Fáradtság, 12 - Fejfájás, 13 - Homályos látás, 14 - Szédülés (csukott szemmel), 15 – Teltségérzet.

különböző SSQ-kategóriában 1-5 ponttal értékelték az érzetüket. Ezután pedig az elmúlt években már alkalmazott VRSQ⁴⁰ kérdéseket vizsgáltam. A résztvevők 0 (nincs tünet), 5 (súlyos tünetek vannak) jelöléssel értékelték az érzéseiket mindegyik típusnál. Az egyes klaszterekre kapott pontszámokat összeadtam és megszoroztam a hozzájuk tartozó súlyozással.

A VR-feladat során a résztvevőknek az FMS⁴¹ kérdések alapján szóban kellett válaszolniuk az érzeteikre az émelygés szintjéről 0-20-ig (0 = nincs émelygés; 20 = teljes émelygés). A kérdéseket VR-expozíció előtt, majd 2 percenként a VR-feladat elvégzése alatt, végül a VR-expozíció után is feltettük. Az érzetekre vonatkozó kérdéseken kívül azt is vizsgáltam, hogy a VR-térben elvégzett feladat közben milyen olyan egyéb érzetek keletkeztek a felhasználókban, amelyet a korábbi kutatásoknál használt kérdőívek nem vizsgáltak. Az így kapott visszajelzéseket szövegesen rögzítettem. Ezen kívül kérdéseket tettem fel a virtuális térben tapasztalt mozgás és a szemüveget használó saját valóságos mozgásával kapcsolatos összefüggésekről⁴². Ezt úgy mértem, hogy a felhasználók nem kaptak külön utasítást, hogyan mozogjanak a térben, de mozgásra használhatták a joystickot⁴³. További kérdéseket tettem fel a való és a VR-térben történő mozgással kapcsolatban.⁴⁴ Az ebben a kérdéskörben adott válaszok rávilágítottak, hogy aki való mozgást végzett a feladat végrehajtás során, azaz a tényleges elmozdulás párhuzamosan történt a VR-térrel, azoknál kevésbé jelent meg a VR-eszköz negatív hatása. Azok, akik a joystickot használták, arányaiban 17%-kal súlyosabb mértékűnek érezték például a gyomorforgást, mint akik nem használták ezt a funkciót helyváltoztatásra.

⁴⁰ Virtual Reality Sickness Questionnaire VRSQ - Kim H, Park J, Choi Y, Choe M: Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): motion sickness measurement index in a virtual reality environment. 2018. Applied Ergonomics 69, 70. o.

⁴¹ Fast Motion Sickness Scale (FMS) kérdőív: Keshavarz B, Hecht H: Validating an efficient method to quantify motion sickness. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 2011. 53. (4):419. o.

⁴² A VR-ban feladatokat elvégző egyén csak a virtuális teret és tárgyakat érzékeli, így a virtuális térben nincs jelen a való világban megszokott tapintás érzése, nincsen a tárgyaknak súlya vagy akár magának sem kell mozognia, de a virtuális térben elmozdulhat joystick segítségével.

⁴³ Aki a joystickot alkalmazta mozgásnál, annál ez telemetriában rögzítésre került.

⁴⁴ „A virtuális tér valóság érzete”, „A virtuális térben történt érintés/fogás hiányának érzete.”, „A virtuális térben való mozgás/sétálás mennyire volt zavaró?”, „A virtuális térben történő úgynevezett hiperugrás mennyire volt zavaró?”. A valóságérzettel és a mozgással kapcsolatos érzetek visszajelzésére az ezzel kapcsolatos kérdésekre 1-5-ig választ lehetett megadni. (1: a nem jellemző, 5: nagyon jellemző).

Az első eredmények

A kutatás egyik célja az volt, hogy felmérje a szimulátorbetegséget és annak hatását a virtuális környezet immerzivitására, azaz vizsgáltam, hogy a VR-élmény befogadására milyen hatással van a szimulátorbetegség kialakulása, illetve milyen hatással van a VR-technológia későbbi elfogadására. A szimulátorbetegséggel kapcsolatos válaszok alapján kijelenthető, hogy a jelenlegi legújabb hardverek és modern szoftverek a felhasználók egy részénél - bár enyhe mértékben -, de továbbra is kiváltják a szimulátorbetegség tüneteit. A virtuális befogadás a VR oktatói platformok sarokpontja, hiszen a virtuális tér komfortos érzete, ha pozitív jelenlétérzettel társul, akkor a felhasználó valósnak és hitelesnek érzi az élményt⁴⁵. Egy 2020. évi kutatás beszámolt róla, hogy a szimulátorbetegség miatt a felhasználók elveszíthetik a koncentrációjukat, amely csökkenti a „bevonódás” élményét⁴⁶. A saját eredményeinket is figyelembe véve kijelenthető, hogy a kiberbetegség intenzitása negatívan hat a virtuális jelenlétre. Azok a felhasználók, akik a szimulátorbetegség tüneteit tapasztalták, dekoncentráltabbá váltak, és kevésbé voltak képesek bevonódni. A válaszadók visszajelzése alapján a szimulátorbetegség hatása negatívan korrelál a VR-használat hatékonyságával, és a válaszadók alacsonyabb arányban jelölték meg a VR jövőbeli használatának szándékát is.

A kutatás eredményei azt mutatják továbbá, hogy a szimulátorbetegség hatása és az így kiváltott érzetek általában előre jelzik a felhasználók által tapasztalt bevonódási képességet. Összességében az eredmények rámutatnak arra, hogy azok a felhasználók, akik intenzívebben érzik a kiberbetegség tüneteit, kevésbé fogják élvezni a VR-élményt, és valószínű, hogy a jövőben nem szívesen fognak VR-eszközt használni. Fontos kiemelni, hogy minél magasabb a virtuális immerzivitás érzése, annál nagyobb a VR-platform hatékonysága, illetve a hajlandóság a jövőbeli használatra.

A kutatás másik rész célja az volt, hogy azonosítsa a prediktív változók azon csoportjait, amelyek magyarázatot adhatnak a szimulátorbetegség tünetegyüttesére.

A kérdőív egy részének feldolgozása után kijelenthető, hogy a szimulátorbetegség korellál a mozgásbetegségre való hajlammal, a rossz

⁴⁵ Weech S, Kenny S, Barnett-Cowan M: Presence and Cybersickness in Virtual Reality Are Negatively Related: A Review 2019. 10 (158) 16. o.

⁴⁶ Grassini S, Laumann K: Are modern head-mounted displays sexist? 2020. Frontiers in Psychology, 2020/11. 10. o.

egészségi állapottal vagy például a lehangoltsággal. A kapott eredmények részben megegyeznek a korábbi kutatásokéval, amelyek szerint a mozgás- és a szimulátorbetegség hasonló tünetegyüttessel bír, és a mozgásbetegségre való hajlam jelentkezik a szimulátorbetegség kialakulásánál is ⁴⁷.

Az eredményekből az is látható, hogy a kognitív stressz, a fej- és a gyomorfájás olyan érzet, ami elősegíti a szimulátorbetegség kialakulását. A felhasználók életkora és a szimulátorbetegség kialakulásának hajlama között szintén összefüggés mutatható ki. Érdekes módon az idősebb résztvevők kevesebb kiberbetegséget tapasztaltak, amely nem egyezik más kutatók eredményeivel⁴⁸, akik nem találtak kapcsolatot a kiberbetegség és az életkor között.

A kutatás fontos része volt a hatékony tudásátadás folyamatának felmérése és vizsgálata is. Ehhez a már a fent említett feladatokat kellett elvégezni, a feladatok sorrendjének változtatásával pedig vizsgáltam a feladat befejezéséhez szükséges időintervallumot, valamint a feladatban megjelölt lövés eredményességét. A normál csoport a könnyebb feladatokkal kezdte a munkavégzést, a fordított csoport pedig a nehezebb feladatokkal kezdte a kísérletet.

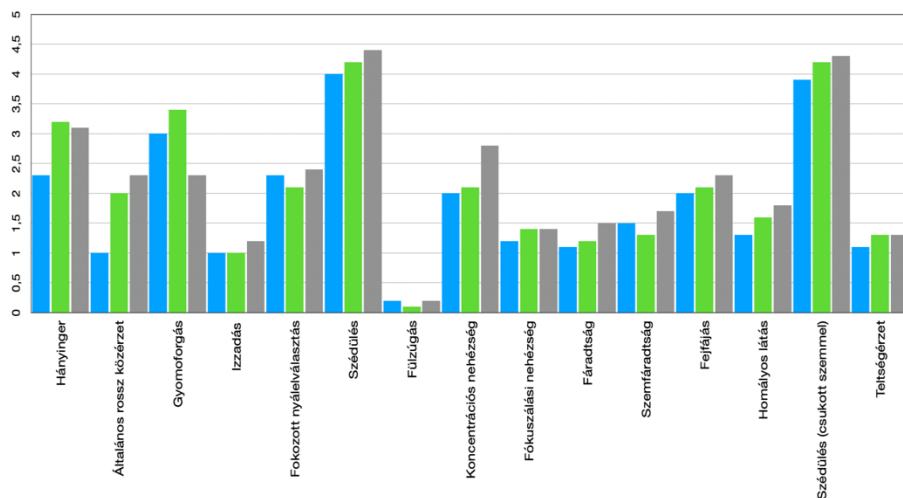
Az első feladat elvégzése során, ahol a felhasználónak egy egyszerű íjat kellett a virtuális térben a kezébe vennie és egy nyílveesszőt kifeszítve célzott „lövést” leadni egy célpontra, a fordított csoport pedig a komplexebb feladattal kezdte. A feladat komplexitásától függetlenül mindkettő csoportnál jelentkeztek a különböző szimulátorbetegség érzékeléssel kapcsolatos érzetek. Elmondható, hogy az első feladat elvégzése után a legtöbb felhasználó, aki jelezte, hogy rosszul érzi magát, a 15 érzékelési listán felállított kérdésre a szédülést jelölte meg a legmagasabb pontszámmal, amit rögtön utána gyomorforgás követett.

Az I. feladat – érzetek

Megállapítható, hogy az egyszerű feladatok végzése (azaz, amikor az ismeretlenség nem generál stresszhelyzetet) is kiválthat nem kívánt hatásokat.

⁴⁷ John F. Golding: Predicting individual differences in motion sickness susceptibility by questionnaire, *Personality and Individual Differences*, 2006. 41, 2, 237-248 o.

⁴⁸ Howard MC, Van Zandt EC: A meta-analysis of the virtual reality problem: unequal effects of virtual reality sickness across individual differences. 2021. *Virtual Real* 25:1221-1246. o.



1. számú ábra. Az I. feladat elvégzése után a VR-térben érzett érzetek (a szerző saját felvétele)

A feladatmegoldás korosztályonkénti eltérése meglepő képet mutat. Azok az idősebb és kevesebb digitális kompetenciával rendelkezők, akik a betanulásban a fokozatosan nehezülő feladatokat kapták, közel olyan jó eredményt értek el, mint a fiatalabb, magasabb digitális kompetenciával rendelkező résztvevők, a feladat végrehajtás idejében nem mutatkozott szignifikáns eltérés. Azok a fiatalok, akik a feladat végrehajtásban nem a fokozatosan egymásra épülés elvén dolgoztak, néhány kivételtől eltekintve nem készültek el gyorsabban, mint idősebb társaik. Jól látható tehát, hogy nem a korosztályi eltérések befolyásolják a legjobban az alkalmazási hatékonyságot, sokkal inkább a tanulási folyamat egymásra épülése és a fokozatosság elvének a betartása. Ebből adódóan, a hatékonyság szempontjából a feladat betanításánál fontos a fokozatosság és a nehézség szerinti egymásra épülés.

Befejezés

Összegezve elmondható, hogy a VR-alapú eszközök alkalmazása a katonai logisztika területén elkezdődött, a napjainkban folyó reformok olyan változásokat hoznak a szakemberek felkészítésében, amelyek magukkal hozzák a legmodernebb digitális eszközök

használatát. Látható, hogy a VR-eszközök jól használhatók például a szállítás, a gépjárműjavítások, a gépjárművezetői oktatás és a raktározási munkabiztonsági oktatás területén. Az alkalmazásuk negatív hatásainak felismerése és azok csökkentése azonban aktuális feladat, így annak kutatása jelentős előrelépést hozhat a témában. A „VR fizikai és pszichológiai hatások” című kísérlet lefolytatása után az eredmények megerősítették, hogy amennyiben a VR-szemüveget használó a VR-térben mozgást látott és érzékelt, valamint ezzel egyidejűleg ő maga is mozgott (lépkedett, fejét mozgatta), azaz a mozgás szinkronban volt a VR-térrel, azoknál alacsonyabb számban fordult elő a VR-szemüveg használatának negatív utóhatása.

Az eredményekből leszűrhető, hogy a kísérlet elvégzése után a megadott 15 negatív érzet a legtöbb alanynál nem jelent meg, ahol pedig igen, ott csak néhány, és rövid időre. Ezek közül a legjobban a gyomorforgás és szédülés jelentkezett a felhasználóknál. Megállapítható, hogy a negatív jelenségek és az eszközhasználati tapasztalat között van korreláció. Annak ellenére, hogy a fiatalabb korosztály nagyobb digitális kompetenciával rendelkezett, csak abban az esetben voltak hatékonyabbak és gyorsabbak az idősebb társaiknál, amennyiben a feladatbetanulás nehézségi fok szerint egymásra épülő volt. Azok az idősebb résztvevők, akik a feladatbetanuláshoz tartották a fokozatosság elvét, megközelítően olyan jó eredményeket értek el, mint a fiatalabb, jobb eszközhasználati kompetenciával rendelkezők.

A kutatás alapján nyilvánvalóvá vált, hogy szükséges a felhasználók részére olyan kézikönyvet készíteni, amely tartalmazza az eszköz helyes alkalmazási módját, felhívja a figyelmet ezekre a lehetséges hatásokra, valamint az adott eszköz paramétereinek megfelelő használati és pihentetési időintervallumokat ad meg. Javasolt egy felhasználási mátrixon alapuló dokumentum készítése is és egy használati módszertani könyv összeállítása. Ezekkel vélhetően csökkenthetők és kiküszöbölhetők lehetnek a negatív hatások, és növelhető az alkalmazási hatékonyság.

Fontos megjegyezni, hogy a kutatásomban nem elemeztem a válasszok alapján leszűrhető minden fizikai és pszichológiai eredményt, itt kiemelten a szimulátorbetegség hatásaira koncentráltam, illetve a terjedelmi korlátok miatt nem vizsgáltam a szimulátorbetegség hatásának csökkentésére javasolt eljárások egyik részterületét sem. Ezek a részletek további kutatást igényelnek. Tekintve a téma fontosságát és szerepét, a védelmi szférában a kiképzés, oktatás és utóképzés területén mindenképpen hasznos lenne további kutatások folytatása arra

vonatkozólag is, hogy a VR-szemüvegek alkalmazása során teljes képet kapjunk a felhasználót a konkrét VR-feladat végzése közben érő terhelés típusairól és jellegéről, valamint arról, hogy az alkalmazás és a szakterületi specialitások között vannak-e összefüggések.

Felhasznált irodalom

Beams, Ryan, Andrea S. Kim, Aldo Badano: Transverse chromatic aberration in virtual reality head-mounted displays. *Optics Express*, 2019, 27. 18. 877-884. o.

Benkő Tibor: A Magyar Honvédség jelene és jövője. *Hadtudomány*, 2019/1-2. 149-155. o.

Bodoróczy János: A modern hadviselés logisztikája – a katonai logisztika jövője. *Hadtudomány*, 2020/2. 98-108. o.

Polona Caserman, Augusto Garcia-Agundez, Alvar Gámez Zerban, Stefan Göbel: Cybersickness in current-generation virtual reality head-mounted displays: systematic review and outlook. *Virtual Reality* 2021. 25, 1153-1170 o.

Cho, Won Seok – Park – Choi J. Y. – Cho C. S. – Baek S.-H. S. – J.-L. Lee: Airgap-embedded robust hazy films to reduce the screen-door effect in virtual reality displays. *Nanoscale*, 2020. 16. 8750–8757. o.

Gavgani AM, Nesbitt KV, Blackmore KL, Nalivaiko E: Profiling subjective symptoms and autonomic changes associated with cybersickness. *Auton Neurosci* 2017. 203, 41-50. o.

Golding John F. Gresty Michael A.: Pathophysiology and treatment of motion sickness, *Current Opinion in Neurology*, 2015. 28/1. 83-88 o.

Golding, J. F.: Motion sickness. *Handbook of Clinical Neurology*, 2016. 137., 371-390. o.

Government Divisions to Use VR for Training Forrás:
<https://readwrite.com/2017/10/26/government-vr-uses/> (Letöltés: 2022. 04. 22.)

Grassini S, Laumann K: Are modern head-mounted displays sexist? *Front Psychologie*, 2020., 11. 1-15. o.

Hornyacsek Júlia, Kovács Gergely: A kiterjesztett valóság alapú szemüveg alkalmazásának kihívásai a védelmi szférában a műszaki szakfeladatok ellátása során, In: Földi László: Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I., 2021. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 147-166. o.

Hornyacsek Júlia: A klímaváltozással összefüggő katasztrófák lehetséges hatásai a lakosságra és az ezzel szembeni védettségük növelésének lehetőségei, In: Földi, László; Hegedűs, Hajnalka (szerk.) Éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok. Budapest, Egyetemi Kiadó, 2020. 75-89. o.

Howard MC, Van Zandt EC: A meta-analysis of the virtual reality problem: unequal effects of virtual reality sickness across individual differences. *Virtual Real*, 2021. 25. 1221-1246. o.

Horváth Attila, Lévai Zsolt (2021): A magyarországi vasúthálózat létfontosságú elemeinek azonosítása. In: Földi László (szerk.): Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 131-146. o.

John F. Golding: Predicting individual differences in motion sickness susceptibility by questionnaire, *Personality and Individual Differences*, 2006. 237-248 o.

Kállai Attila: Felkészítés és kiképzés virtuális környezetben. Budapest, Nemzeti Közszerződési Egyetem, Humánvédelem - békeműveleti és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése. 2016. (tanulmánygyűjtemény I., e-book) 4-56. o.

Kim H, Park J, Choi Y, Choe M: Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): motion sickness measurement index in a virtual reality environment. *Applied Ergonomics* 2018. 69, 66-73. o.

Kovács Gergely, Hornyacsek Júlia: Korszerű oktatási eszközök és módszerek alkalmazása a polgári védelmi felkészítésben, *Műszaki Katonai Közlöny*, 2019. 29/ 2. 117-132. o.

Kovács Gergely: A kiterjesztett valóság alapú technológia alkalmazásának lehetőségei és korlátai a védelem és a polgári logisztika területein, *Katonai Logisztika*, 2020. 1. 54-78. o.

Lampton Dr, Kolasinski EM, Knerr BW, Bliss JP, Bailey JH, Witmer BG: Side effects and aftereffects of immersion in virtual environments. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society annual meeting*, 1994. 38. (18), 1154-1157 o.

Lee JY, Han PH, Tsai L, Peng RD, Chen YS, Chen KW, Hung YP: Estimating the simulator sickness in immersive virtual reality with optical flow analysis. New York, SIGGRAPH Asia, Association for Computing Machinery, 2017.

Mantovani, Fabrizia, Gianluca Castelnuovo: Sense of Presence in Virtual Training: Enhancing Skills Acquisition and Transfer of Knowledge

through learning Experience in Virtual Environments. In Giuseppe Riva. Fabrizio Davide, Wijnand A. IJsselsteijn: Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments. Amsterdam, Jos Press, 2003. 164-181. o.

Marlok Tamás: Virtuálisvalóság-alapú taktikai szimulációs kiképző eszközök hazai fejlesztési lehetőségei 2. rész: A technológia lehetőségei a kiképzés szemszögéből. Hadmérnök, 2021. 16(1), 161-176. o.

Marlok Tamás: A VR-eszközök alkalmazhatósága a taktikai kiképzésben, In: Földi, László (szerk.): Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből III. Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2022., 323-337. o.

Németh András, Virágh Krisztián: Virtuális valóság és haderő – katonai alkalmazási lehetőségek IV. rész, HADITECHNIKA, 2021. 55:5, 2-7 o.

Martirosov, S., Bureš, M. & Zítka, T. Cyber sickness in low-immersive, semi-immersive, and fully immersive virtual reality. Virtual Reality, 2022. 26, 15–32 o.

Nalivaiko E, Davis SL, Blackmore KL, Vakulin A, Nesbitt KV: Cybersickness provoked by head-mounted display affects cutaneous vascular tone, heart rate and reaction time. Physiol Behav, 2015. 151, 583-590. o.

Nesbitt K, Davis S, Blackmore K, Nalivaiko E: Correlating reaction time and nausea measures with traditional measures of cybersickness. Displays, 2017. 48, 1-8. o.

Oishi E, Koge M, Khurelbaatar S, Kajimoto H: Enhancement of Motion Sensation by Pulling Clothes. In Proceedings of the 2016 symposium on spatial user interaction Association for Computing Machinery, New York, 2016. 47-50. o.

Paula Hicks: The Pros And Cons Of Using Virtual Reality In The Classroom. 2016. <https://elearningindustry.com/pros-cons-using-virtual-reality-in-the-classroom> (Letöltés: 2022. 04. 27.)

Resperger István, Kiss Álmos Péter, Somkuti Bálint: Aszimmetrikus hadviselés - Kis háborúk nagy hatással, Budapest, Zrínyi Kiadó, 2014. Budapest, 25.o.

Resperger István: A nemzetközi terrorizmus ellenes küzdelem tapasztalatai és lehetséges stratégiái In: New Challenges in the Field of Military Sciences 2005: 3rd International Scientific Conference, Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem 2005., 89, 1-25 o.

Robert S. Kennedy, Jennifer E. Fowlkes: Simulator Sickness Is Polygenic and polysymptomatic: Implications for Research, The International Journal of Aviation Psychology, 1992. 2. 23.-38. o.

Stanney K, Lawson BD, Rokers B, Dennison M, Fidopiastis C, Stofregen T, Weech S, Fulvio JM: Identifying causes of and solutions for cybersickness in immersive technology: Reformulation of a research and development agenda. Int J Hum Comput Interact 2020. 36 (19):1783-1803 o.

Stott, J. R. R.: Mechanisms and Treatment of Motion Illness. In: Christopher J. Davis, Gerry V. Lake-Bakaar, David G. Grahame-Smith (ed.): Nausea and Vomiting: Mechanisms and Treatment. Springer-Verlag, Berlin, 1986. 110-129. o.

Szuhai Ilona - Tálás Péter (2017): A 2015-ös európai migrációs és menekültválság okairól és hátteréről. In: Tálás, Péter (szerk.): Magyarország és a 2015-ös európai migrációs válság. Budapest, Dialóg Campus Kiadó, 9-34. o., https://fejlesztprogramok.uni-nke.hu/document/fejlesztprogramok-uni-nkehu/Magyarország_es_a_2015_os_migracios_valsag_web.pdf (Letöltés: 2022. 10. 05.)

Weech S, Kenny S, Barnett, Cowan M: Presence and Cybersickness in Virtual Reality Are Negatively Related: A Review, 2019. 10 (158) 1-19. o.

Audi logisztikai központ AR alkalmazása. <https://www.volkswagenag.com/en/news/2020/12/Audi-is-using-augmented-reality-to-increase-efficiency-in-logistics-planning.html>, (Letöltés 2022.10.25.)

Audi VR oktató szimulátor <https://www.volkswagenag.com/en/news/2020/12/Audi-is-using-augmented-reality-to-increase-efficiency-in-logistics-planning.html>, (Letöltés 2022.10.25.)

1. kép: Audi logisztikai központ AR alkalmazása. <https://www.volkswagenag.com/en/news/2020/12/Audi-is-using-augmented-reality-to-increase-efficiency-in-logistics-planning.html>, (Letöltés: 2022.10.25.)

2. kép: Audi VR oktató szimulátor

<https://www.volkswagenag.com/en/news/2020/12/Audi-is-using-augmented-reality-to-increase-efficiency-in-logistics-planning.html>, (Letöltés: 2022.10.25.) -